

## Quelques observations à propos du circuit de distribution de la banane antillaise (CV Cavendish) et des principaux facteurs définissant la qualité du fruit.

J. JOAS\*

**SOME REMARKS ON THE WEST INDIAN BANANA (CV CAVENDISH) DISTRIBUTION CHANNELS AND THE MAIN FACTORS GOVERNING FRUIT QUALITY.**

J. JOAS.

*Fruits*, Sep. 1987, vol. 42, n° 9, p. 493-504.

More and more is known about the physico-chemical mechanisms which govern fruit quality. The actions of three factors : temperature, ethylene and hygrometry, their effects on the green life of the banana and management of ripening are outlined. Fungal development is also taken into consideration, in view of the part it plays in the commercial life of the fruit.

Knowledge of these different factors is however of no use unless care is taken in packing, the successive handling processes, cold storage or ripening. Although the post-harvest channels have developed considerably over recent years, they must be optimized in the short term so as to guarantee the essential criteria of fruit quality and batch uniformity throughout the distribution channels.

Le choix d'un fruit, au niveau de l'achat de détail est une notion délicate qui fait appel à des facteurs plus subjectifs qu'objectifs (couleur, fermeté, odeur ...). L'appréciation de la qualité se traduit essentiellement par une estimation des caractéristiques «externes» du fruit, qui, bien que corrélée à la maturité de la pulpe, est probablement plus précise pour les fruits à épicarpe minces : anonacées (pomme canelle, corossol ...), la plupart des rosacées (fraise, poire, pêche ...), que pour les fruits à épicarpe épais : agrumes (oranges, pomelos ...), passiflores (grenadille, barbadine ...), cucurbitacées (pastèque, melon ...).

La banane fait partie de cette deuxième catégorie pour laquelle les caractéristiques de la peau, indépendamment de celles de la pulpe, sont importantes dans le choix du consommateur.

**QUELQUES OBSERVATIONS A PROPOS DU CIRCUIT DE DISTRIBUTION DE LA BANANE ANTILLAISE (CV CAVENDISH) ET DES PRINCIPAUX FACTEURS DEFINISSANT LA QUALITE DU FRUIT.**

J. JOAS.

*Fruits*, Sep. 1987, vol. 42, n° 9, p. 493-504.

RESUME - Les mécanismes physico-chimiques définissant la qualité des fruits sont de mieux en mieux connus. Les modes d'action et l'incidence des trois facteurs : température, éthylène, hygrométrie, sur la durée de vie verte de la banane et la conduite de maturation sont globalement exposés. Le développement fongique est également pris en considération, compte tenu de son rôle dans la durée de vie commerciale des fruits.

La connaissance de ces différents facteurs est toutefois inutile si aucun soin n'est porté au conditionnement, aux manipulations successives, à la mise en froid ou en maturation. Bien qu'ayant considérablement évolué au cours des dernières années, le circuit post-récolte doit être optimisé à court terme pour garantir les critères indispensables de qualité des fruits et d'homogénéité des lots sur l'ensemble du circuit de distribution.

Des progrès considérables pour amener la qualité commerciale des fruits le plus près possible de leur qualité organoleptique ont été réalisés : dans le stockage et la conservation (températures, atmosphères contrôlées, régulation d'hygrométrie ...), dans la distribution (meilleure qualité de transport, conditionnement de plus en plus élaboré : calibrage, mise en barquettes, enveloppes individuelles ...).

Si la banane est un cas particulier dans le domaine de la présentation, compte tenu de la grande hétérogénéité de forme et de composition des mains (au moins 10 doigts), et des bouquets (de 4 à 9 doigts), elle est également sujette à un aménagement des moyens de transport, conditionnement, conduite de maturation ...

Ainsi vers la fin des années 1960 le transport des bananes en caisses, puis en cartons, remplace progressivement celui des régimes entiers. La mise au point des emballages s'est faite par rapport aux mains, puis aux bouquets et de

\* - IRFA/CIRAD - INRA Domaine Saint Paul - 84140 MONTFAVET

nombreuses formules ont été testées, adoptées, modifiées : cartons télescopiques, caisses américaines, micro-cartons, cartons présentoirs (DUVERNEUIL, 1964 ; CHAMPION, 1966).

Dans le même temps la ventilation verticale est préférée à la ventilation horizontale pour la réfrigération des fruits : ce choix s'est imposé pour des raisons techniques de construction et pour permettre une meilleure répartition des flux d'air au sein des cargaisons (DEULLIN, 1970, 1971).

Enfin pendant les années 1970 la conteneurisation s'est affirmée sur les lignes antillaises, tant pour des raisons économiques que pratiques (DEULLIN, 1977 ; Cdt GUARRIGUE, 1982). Elle est devenue effective dans les années 1980.

Les cotes des cartons étaient en conséquence remaniées pour trouver un compromis quelque peu relatif entre les dimensions des conteneurs et les exigences des fruits. Avec l'amélioration de la qualité des krafts, on assiste alors à une diminution progressive du grammage des cartons qui, aujourd'hui, ont une tare en poids sec inférieure à un kilogramme ; mais cet allègement se traduit par une plus grande fragilité dans certaines conditions opératoires.

Cette évolution de l'emballage dans une optique de coût minimum n'implique pas nécessairement un gain économique réel : dès 1964, DUVERNEUIL notait : «... qu'un emballage plus coûteux, mais fournissant des avantages supplémentaires à différents stades du circuit commercial est souvent plus rentable qu'un emballage bon marché, et valorise la production fruitière».

La conteneurisation est probablement l'une des évolutions techniques qui peut orienter le plus le circuit bananier, car elle permet de disposer d'enceintes closes, de travailler en chaîne continue de température, d'avoir des lots personnalisés de façon plus homogène, d'assurer un suivi individuel des conteneurs du début à la fin, ce qui n'est pas le cas du transport «classique» (fret routier et ferroviaire avant et après transport maritime en cales, avec toutes les manipulations et alternances thermiques et hygrométriques que cela implique).

Cette évolution du conditionnement et du transport s'est faite en parallèle au niveau des mûrisséries qui se sont progressivement regroupées par régions de consommation : avec la maîtrise de l'hygrométrie, des températures, de l'apport d'éthylène, les mûrisséries offrent maintenant une sécurité totale, une amélioration des rendements énergétiques, un meilleur coefficient de remplissage des chambres, une régulation contrôlée de la maturation.

Le support de ces trois opérations distinctes (conditionnement, transport, maturation) que l'on pourrait surnommer le «tryptique post-récolte», reste naturellement la connaissance du produit, indispensable pour comprendre et contrôler les paramètres à mettre en oeuvre. Grâce aux moyens d'analyses de plus en plus précis, on comprend progressivement les phénomènes biochimiques et enzymatiques mis en jeu dans la maturation du fruit, même si tous ne sont pas parfaitement connus. C'est pourquoi il nous est apparu logique de faire une brève synthèse bibliographique sur les principaux paramètres propres au fruit, dans l'orientation qualitative retenue, en tenant compte des éléments

suivants :

- les bananes font partie des quelques fruits dont la maturation a lieu après récolte (laissé sur plant le fruit n'évolue pas de la même façon),

- le marché bananier antillais repose essentiellement sur l'exportation en fruit frais, notamment pour la variété nous intéressant (Cv Cavendish), et les conditions de manipulation et de transport sont déterminantes pour la qualité du produit final,

- la commercialisation du fruit, comme déjà souligné, repose principalement sur l'aspect de la peau.

Ces trois points nous ont amené à nous intéresser aux données actuelles concernant :

- le niveau de coupe (= stade de coupe),
- les facteurs influençant la DVV (durée de vie verte) et la maturation,
- l'évolution aromatique et l'émission volatile,
- l'incidence des micro-organismes.

#### STADE DE COUPE ET DUREE DE VIE VERTE

La maturation du fruit est l'aboutissement de modifications internes associées aux conditions d'environnement :

Après émission de l'inflorescence (assimilée à une floraison) les fruits (ovaires) se redressent et en trois semaines environ le régime acquiert sa forme quasi-définitive. Les fruits conservent les traces de leur imbrication dans le bourgeon floral et présentent en section transversale arêtes et faces qui vont progressivement s'estomper lors du grossissement sur pied (CHAMPION, 1963).

Cette section plus ou moins angulaire permet ainsi de différencier les stades de 3/4 plein léger (ou maigre), 3/4 normal, 3/4 plein, plein (le fruit présentant alors une section très arrondie).

En pratique on récolte au stade 3/4 normal, dit **standard**. L'intervalle fleur-coupe dépend de la variété, des conditions climatiques, de la nutrition ... On l'estime en moyenne de 80 à 95 jours, les extrêmes étant de 70 à 120 jours.

L laissée sur pied, la banane continue de gonfler jusqu'à se fendre, et la maturation observée ne présente pas les mêmes caractéristiques que celles obtenues sur fruits coupés puis mûris : l'évolution de l'amidon notamment s'effectue mal et la pulpe reste farineuse.

**Les principales étapes de l'évolution du fruit après récolte.**

Le choix du stade de récolte est important car le grossissement du fruit est stoppé au moment de la coupe. Surviennent alors une série de modifications biochimiques qui amèneront progressivement le fruit au stade mûr, puis déliquescents. Les deux étapes principales de cette évolution sont la maturation et la sénescence :

- **la maturation**: elle regroupe les phases préclimactériques et climactériques, une partie de la phase postclimactérique ; les différents niveaux d'évolution de la maturation sont souvent désignés dans la littérature par les termes de stades de maturité.

- **la sénescence**: elle représente la fin de la phase postclimactérique, la dégradation du fruit.

La **phase préclimactérique**, ou durée de vie verte (green life) représente symboliquement le temps de conservation du fruit entre la coupe et l'initiation climactérique. La DVV est intimement liée au stade de grossissement du fruit à la coupe : elle est d'autant plus courte que le fruit est plein ; elle dépend par ailleurs de l'état sanitaire du fruit, des conditions de conservation, (température, humidité ...).

Pendant cette phase, la banane présente alors une relative «stabilité» et la peau reste de couleur verte.

La **phase climactérique**, naturelle ou provoquée par apport d'éthylène exogène, se traduit notamment par une forte augmentation de l'intensité respiratoire (crise climactérique) : ainsi à 29°C, en atmosphère à 95 p. 100 d'humidité relative (HR), le dégagement de gaz carbonique passe de 60 mg/kg/h à 280 mg/kg/h. La teneur en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> des tissus de la pulpe augmente, des réactions secondaires anaérobies apparaissent dans les tissus cellulaires, conduisant à la formation d'arômes (AUBERT, 1969). Le fruit est vert tournant.

Le début de la **phase postclimactérique** représente la fin de la maturation, qui correspond au temps nécessaire pour que le fruit présente les caractéristiques organoleptiques recherchées ; la banane est alors à maturité «vraie» : la **maturité de consommation**. L'intervalle de temps dépend là encore du degré de plénitude du fruit à la coupe, des conditions opératoires ...

Pendant cette phase, l'amidon de la pulpe s'hydrolyse. A ce propos il faut souligner que les modifications «fondamentales» de la pulpe sont connues depuis longtemps, puisque déjà en 1949, VON LOESECKE présente les compositions de fruits à différents stades, avec le passage d'une teneur en amidon de l'ordre de 20 p. 100 dans les fruits verts à 1,5-2 p. 100 dans les fruits mûrs, les sucres totaux évoluant naturellement en proportion inverse.

Le rapport de poids pulpe/peau augmente progressivement, en même temps que la coloration du fruit dans des conditions normales passe du vert au jaune : la peau se dépigmente en chlorophylle, révélant les caroténoïdes et les xanthophylles. Une relation significative existerait entre l'évolution de la couleur jaune et la diminution de la teneur en amidon de la pulpe (ZICA et BRUNE, 1973). A maturité le fruit est jaune, jaune tigré.

Selon DUVERNEUIL (1971), la durée de maturation est fonction inverse de l'intensité du pic climactérique, par une relation faisant intervenir la notion de **constante climactérique** : en conditions données, la somme des énergies requises pour l'obtention de la maturation est constante et représente un dégagement de 6,35 Kcal/kg de fruits.

La fin de la phase postclimactérique correspond à la sénescence et à la dégradation du fruit. Il est difficile de

déterminer à partir de quel moment la sénescence est effective : un fruit en début de sénescence présente pratiquement les mêmes caractéristiques qu'un fruit mûr.

On peut considérer que le fruit reste consommable tant que le vieillissement cellulaire et les phénomènes s'y rapportant n'altèrent pas ses qualités organoleptiques ; l'appréciation de ces dernières variant selon les consommateurs, le **décal de consommation**, de l'ordre de 5 à 10 jours dans la pratique, regroupe en fait la fin de phase de maturation, le stade de fruit mûr, et le début de sénescence du fruit.

Si l'on se réfère à l'échelle colorimétrique définie par la profession, (arrêté du 28 novembre 1975), les caractéristiques de couleur de chacune de ces phases correspondent à des paliers de coloration facilement observables (du n° 1, vert, au n° 7, jaune tigré). On peut ainsi établir un parallèle entre l'évolution du fruit et le stade de commercialisation ; le schéma 1 établit d'une façon très générale ces correspondances.

Ce bref rappel montre l'importance du moment choisi pour la coupe, puisqu'elle va accélérer le processus de maturation du fruit : trop tôt, la banane peut ne jamais mûrir correctement, trop tard les fruits seront mûrs avant commercialisation, compte tenu des délais de transport.

C'est pourquoi de nombreux auteurs recherchent des critères d'évaluation d'un stade de coupe optimal.

#### Evaluation du stade de récolte.

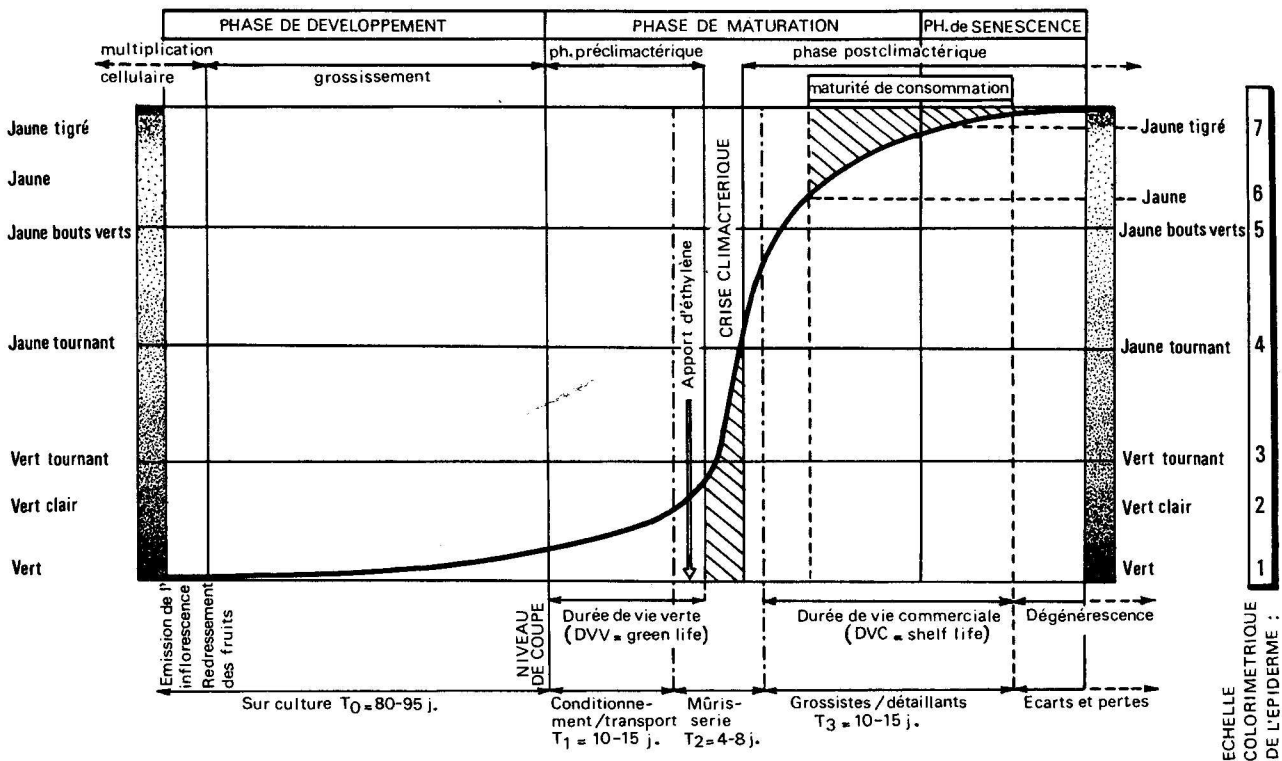
Des mesures physiques ont tout d'abord été proposées : densité, rapport poids/longueur (indice de plénitude), puis poids-diamètre/longueur (DEULLIN et LASSOUDIERE, cités par NOLIN, 1985).

Au niveau législatif des normes de calibrage ont été définies : le calibre est déterminé par la longueur et l'épaisseur (diamètre ou grade) prises chacune sur un fruit de référence ; il permet de classer les mains ou bouquets par catégorie : Extra, I, II.

Bien que pratiques d'utilisation, ces mesures physiques, basées sur un développement dimensionnel du fruit font abstraction des paramètres extérieurs (qualité du sol, situation géographique, alimentation, apport hydrique, variété et cultivar ...) et la taille d'un fruit n'est pas forcément représentative de son âge physiologique.

Une autre technique d'approche consiste à déterminer l'**intervalle fleur-coupe** ; GANRY (1978) a mis au point une simulation qui, en intégrant la somme des températures nécessaires pour atteindre un grade donné permet de déterminer le nombre de semaines sur pied. Cette méthode est intéressante car elle peut se moduler en fonction de l'environnement et du niveau de maturation choisi ; son incidence est avant tout économique puisqu'elle permet d'estimer les volumes de production suffisamment à l'avance pour planifier correctement la commercialisation.

D'autres axes de recherche ont porté sur la résistance de la pulpe, liée à l'évolution glucidique (HUET, 1966), la



**Schéma 1** - Correspondance moyenne entre l'évolution de la coloration et les niveaux de maturation et de commercialisation (en conditions classiques, fruits coupés 3/4 plein standard).

conductance de la peau (DEULLIN, 1980) qui augmente lors du développement sur pied puis diminue pendant la DVV, ou encore sur les modifications biochimiques des sucres (PALMER, GOTTRICH, MARTIN-PREVEL, TERRA, cités par NOLIN, 1985) ; dans ce cas une corrélation existe peut-être avec le degré de maturité, mais pour MARRIOTT et THOMAS les changements observés ne sont pas suffisamment caractéristiques pour être utilisables.

Le degré d'évolution sur pied peut également être estimé en mesurant les coefficients de réponse des fruits aux initiations climactériques : LIU, cité par MARRIOTT (1980) et MARCELLIN (1982) a mis en évidence un seuil de latence (threshold length of time : TLT), après la coupe, en deçà duquel le fruit n'est pas affecté par une initiation exogène à l'éthylène et au-delà duquel il réagit. Si l'on reprend la notion d'agent inhibant l'action de l'éthylène sur pied (BURG and BURG) on peut supposer que ce seuil traduit la fin de l'activité ou la limite d'efficacité de cet agent après la récolte.

Cette notion de seuil de latence (TLT) ne peut être évoquée sans citer l'effet botanique du «tree factor», étudié par LAW, LIU et YANG (1986), qui se traduit par le blocage de certains mécanismes enzymatiques responsables de la biosynthèse de l'éthylène : les fruits laissés sur plants évoluent plus lentement que les fruits récoltés.

NOLIN (1985) étudie l'action de l'Ethephon (éthrel), libérant de l'éthylène, sur le déclenchement de la maturation et recherche les corrélations existantes entre les temps de réponse à l'initiation et la concentration appliquée, en

fonction de l'âge déterminé des fruits.

A partir de ces quelques observations et des différences d'interprétation parfois enregistrées, on conçoit combien il peut être délicat de déterminer rigoureusement un point de coupe qui permettrait de «standardiser» la DVV, et donc la qualité du produit fini. Et cela d'autant que d'autres facteurs de variabilité ont été mis en évidence : l'aspect variétal bien sûr, la nutrition selon que des carences ou non soient observées, le niveau sanitaire des plantations : par exemple la cercosporiose, provoquée par *Mycosphaerella musicola*, aux Antilles françaises, n'affecte pas l'aspect du fruit mais perturbe son évolution interne (fruit paraissant plus avancé à âge physiologique égal).

Il faut également signaler l'hétérogénéité propre au régime lui-même : MARRIOTT rappelle que la phase climactérique est plus longue de 10 à 30 p. 100 entre la première et la sixième main, en accord avec DEULLIN qui enregistre dès 1956 une graduation de la dureté de la pulpe en fonction de la position de la main sur le régime.

#### FACTEURS INFLUENÇANT LA DVV ET LA MATURATION

Là encore de nombreux auteurs se sont intéressés aux conditions d'évolution du fruit, en fonction des paramètres opératoires (refroidissement, atmosphère ambiante, protection des fruits ...). Parmi eux trois facteurs sont importants : la température, l'apport d'éthylène et l'humidité.



### Action de la température.

La banane peut mûrir dans une fourchette de températures assez large ; dans la pratique la plage idéale, pour une maturation harmonieuse ni ralentie, ni accélérée, se situe entre 15 et 21°C.

Il existe naturellement une relation entre la durée de vie verte et la température : son expression mathématique semble varier en fonction des valeurs appliquées : les travaux de PEACOCK et BLAKE montrent qu'entre 12,5 et 21,5°C elle est de type linéaire (cités par MARRIOTT) et qu'entre 15 et 35°C elle est de type logarithmique (cités par MARCELLIN et MARRIOTT), le logarithme de la DVV diminuant avec la montée en température.

Quelle que soit l'expression mathématique à appliquer on vérifie que dans tous les cas le temps de maturation décroît régulièrement sous l'effet de la chaleur, indépendamment du degré de maturation initiale du fruit. Ce taux constant de réduction serait de l'ordre de 7 à 8 p. 100 par degré C.

Si le temps de maturation dépend de la température, il ne faut pas pour autant y associer une qualité de maturation : MARRIOTT présente le cas de bananes immatures dont la DVV est plus longue à 17°C qu'à 15°C ou 13°C ; des bananes mûries à 24°C offrent une très bonne coloration mais la DVC (durée de vie commerciale) la plus intéressante est obtenue par une maturation à 16-17°C, avec une coloration moins marquée. La DVV peut être réduite par choc température après récolte - 24 h à 40°C -, mais l'incidence d'un tel procédé sur la qualité du fruit n'est pas précisée (LIU, 1972, cité par MARCELLIN).

La texture de la pulpe peut varier selon les conditions opératoires : elle est généralement plus ferme sur fruits mûris à basse température, dans les plages optimales, mais CHARLES, cité par MARRIOTT, constate qu'entre 16 et 25°C les fruits mûris à 18-19°C sont les plus fermes.

Dans les plages d'application de températures élevées, différentes observations ont été réalisées :

LIZANA (1976) montre qu'entre 25 et 50°C la température n'affecte pas la production d'éthylène ; les difficultés de maturation des fruits dans les plages hautes proviendraient plus d'une modification de sensibilité à son égard, liée à une réaction métabolique, qu'à une insuffisance de production ; il y a une perturbation de l'hydrolyse de l'amidon, mais la pulpe devient quand même moelleuse et perd son astringence à 50°C, sous l'effet de l'éthylène.

MATTEI (1974) enregistre une crise respiratoire brutale et intense, accompagnée d'une émission volatile riche en alcool, mais faible compte tenu de la vitesse de maturation.

DICK et MARCELLIN (1985), en étudiant l'évolution de bananes soumises à des températures de 30 et 40°C notent une accumulation importante de composés fermentaires (acétaldéhydes et éthanols) dans toute la masse du fruit. Cette accumulation combinée à un état d'hypoxie s'effectue de manière très précoce et perturbe le métabolisme du fruit.

Ces effets, ajoutés à la dénaturation des protéines,

permettent d'expliquer les altérations observées aux températures élevées : brunissement, fruit bouilli ... L'application d'un régime thermopériodique et d'atmosphères enrichies en oxygène permet d'atténuer ces troubles.

A l'opposé, on ne peut aborder l'effet de la température sans évoquer la frisure, ou chilling injury, qui apparaît à partir d'une température inférieure à 12°C sur fruits verts. Ce seuil de sensibilité varie selon les variétés et l'indice de plénitude. En outre, si l'air arrive directement sur les fruits, l'évaporation partielle en résultant se traduit par une baisse ponctuelle de température, pouvant provoquer l'apparition de la frisure à des températures ambiantes supérieures à 12°C.

Parmi les auteurs qui ont étudié l'incidence de la frisure, MATTEI (1978) remarque qu'elle se caractérise par une régression de la dépigmentation chlorophyllienne qui donne une peau vert-jaune terne, ou vert bronze, voire noire, selon l'importance de l'attaque. Cette régression est accompagnée d'un brunissement au niveau des canaux laticifères de la peau, dû à l'oxydation probable de la dopamine ; ce brunissement apparaît en ponctuations, puis en tirets, enfin en plages selon l'évolution du fruit et des conditions de conservation.

Au niveau de la pulpe, l'émission d'éthylène et l'hydrolyse de l'amidon sont perturbées, et selon la force de la frisure on peut aboutir à une absence totale de maturation.

Pour LEVITT (1972) et LYONS (1973), cité par MATTEI, l'ensemble de ces phénomènes d'altération dépend essentiellement des changements de perméabilité cellulaire pouvant apparaître sous certaines conditions. Dans l'état actuel des connaissances trois agents favorisant l'apparition de la frisure ont été mis en évidence : la température, le temps d'exposition et le grade du fruit (les fruits pleins étant nettement plus sensibles).

On ne peut pas vraiment parler d'une prophylaxie de la frisure, car selon l'intensité de l'attaque les phénomènes d'altérations sont difficilement réversibles ; on peut par contre en adoucir les effets en jouant sur les températures de maturation, et certains composés carbonylés comme l'isovalérianate d'isoamyle auraient un effet bénéfique sur la coloration de fruits frisés (DUVERNEUIL, 1964).

### Action de l'éthylène.

L'éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) est considéré comme étant l'hormone de maturation par excellence. Il joue un rôle essentiel dans le mûrissement des fruits dits climactériques.

L'éthylène d'origine endogène est synthétisé à partir de la méthionine. On connaît maintenant le cycle de la méthionine, ainsi que les mécanismes qui amènent la formation du précurseur de l'éthylène : l'ACC (acide l-amino-cyclopropane-1-carboxylique). Mais l'EFE (éthylène forming enzyme), responsable de la libération de l'éthylène à partir de l'ACC n'est pas encore déterminé (YANG et HOFFMANN, 1984) ; on sait néanmoins que ce système enzymatique est fortement lié aux membranes cellulaires et que la production de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> dépend en conséquence de l'intégrité des membranes.

Par ailleurs dans les fruits climactériques MURCHIE, cité par YANG (1985) suppose qu'il existe deux systèmes de production de l'éthylène :

Le système 1, «niveau bas» de  $C_2H_4$  contrôle le vieillissement des tissus cellulaires ; la résistance du fruit à l'action de l'éthylène est suffisante pour éviter le mûrissement : on est en phase préclimactérique.

Le système 2, traduit par une production autocatalytique d'éthylène apparaît en fin de maturation, quand le fruit en conditions naturelles a perdu sa résistance (ou devient plus sensible) à l'action de l'éthylène endogène. Cette baisse de résistance (ou gain de sensibilité) est par ailleurs indépendante du taux de production endogène : ce dernier peut rester constant ou, comme c'est le cas pour la banane, augmenter sensiblement jusqu'à la crise climactérique (YANG, 1985).

Ces observations sont très probablement liées à la notion d'inhibiteurs endogènes du mûrissement, qui existent dans les fruits en phase préclimactérique, et dont l'activité doit disparaître progressivement lors de la maturation. Ces inhibiteurs sont rapidement détruits par l'apport d'éthylène exogène (PEACOCK, cité par YANG, 1984), qui active ainsi la production d'ACC et d'EFE.

D'un point de vue économique, cette caractéristique présente un intérêt non négligeable : l'apport d'éthylène permet de «niveler» les différences de maturation initiale que peut présenter un lot de mains ou bouquets, en uniformisant la sensibilité des tissus cellulaires à l'éthylène endogène : on obtiendra ainsi des lots de maturité sensiblement homogène selon la programmation établie.

L'éthylène peut être amené sous différentes formes, les plus connues étant l'éthylène pur, l'azéthyl (mélange d'azote et d'éthylène), les hydrocarbures insaturés du gaz de ville.

L'acétylène dégagé par le carbure de calcium en présence d'eau, donne des effets physiologiques voisins de ceux de l'éthylène. THOMSON et SEYMOUR (1982) ont mesuré et comparé ces effets : à concentration faible mais égale, l'acétylène a une action moins marquée qui se traduit par une entrée en maturation un peu plus lente, pouvant avoir une incidence économique intéressante sur la commercialisation.

Pendant longtemps, le gaz de ville et le carbure de calcium ont été employés, mais ils présentent des risques d'explosion élevés s'ils ne sont pas manipulés avec précaution, si l'aération des chambres est mal faite.

En France l'apport d'éthylène sous forme d'azéthyl est pratiquement le seul utilisé : mélange de 94,5 p. 100 de N et de 5,5 p. 100 de  $C_2H_4$ , l'azéthyl est ininflammable et offre une parfaite sécurité d'emploi, ce qui n'est pas le cas des autres composants ou de l'éthylène pur (inflammable et formant avec l'air un mélange détonant dès que la concentration atteint 3 p. 100).

L'éthylène agit comme catalyseur de la respiration, mais les quantités nécessaires pour provoquer la crise respiratoire augmentent quand la teneur en oxygène dans l'atmosphère utilisée diminue.

WADE (1974) a étudié la respiration et la maturation en fonction des concentrations en oxygène en présence d'éthéphon, soulignant l'accélération de l'intensité respiratoire avec des taux croissants d'éthylène, à partir d'une teneur en oxygène supérieure à 10 p. 100. Pour un taux d'oxygène inférieur à 10 p. 100 le fruit mûrit mais la peau reste verte, et pour une concentration d' $O_2$  inférieure à 1 p. 100 l'éthéphon n'a plus d'action apparente.

De fortes concentrations de  $CO_2$  peuvent également gêner l'action de l'éthylène, mais dans la pratique les doses de  $C_2H_4$  apportées de l'ordre de 100 ppm sont suffisantes pour compenser une teneur anormale en gaz carbonique (résultant par exemple d'une mauvaise ventilation entre deux cycles). En effet il a été démontré que 10 ppm d'éthylène peuvent suffire pour provoquer la crise respiratoire, et des réactions du fruit ont même été enregistrées pour des concentrations de l'ordre de 0,015 à 0,05 ppm : l'hypothèse de BURG et BURG suggérant que l'apport d'éthylène exogène ne peut être efficace que s'il est au moins égal à celui contenu dans le fruit (0,06 à 0,2 ppm) ne serait donc pas valable (MARRIOTT).

On connaît par ailleurs un certain nombre de facteurs interférant sur la production d'éthylène, comme l'humidité relative, la température, ainsi que différents traitements ou applications : le permanganate de K absorbe l'éthylène émis (SCOTT, 1974 ; TONGDEE, 1972), l'emploi de rayons UV permet de le dénaturer (SCOTT cité par MARRIOTT, 1980). Les cires plastifiées (BEN-YESHOSHUA, 1966) ou le trempage dans des produits de synthèse comme le TAL Pro-long (BANKS, 1984) ralentiraient l'action de l'éthylène en freinant les échanges. Reste à en préciser l'intérêt économique.

#### Action de l'hygrométrie.

Comme énoncé précédemment, l'humidité relative joue un rôle sur la DVV du fruit :

YANG (1985) souligne l'effet du «Stress hydrique» qui stimule la synthèse de l'ACC et favorise donc une augmentation de la teneur en éthylène endogène.

MARCELLIN (1982) rappelle que plus le milieu est sec plus la maturation est rapide, mais l'intensité de la crise climactérique est amoindrie. Il note en outre un jaunissement plus marqué des fruits évoluant en humidité relative élevée.

MARRIOTT (1980) évoque de son côté les pertes en eau, qui intègrent le couple HR-ventilation, en précisant qu'une baisse de l'hygrométrie se traduit par une réduction de la DVV, une augmentation de l'intensité respiratoire et une émission accrue d'éthylène.

Cette divergence sur l'intensité de la crise n'est pas contradictoire car il faudrait connaître les conditions expérimentales : les pertes en poids importantes indiquées par MARRIOTT peuvent dépendre d'une température de manipulation assez élevée influençant l'émission de  $C_2H_4$ .

L'humidité relative n'a donc pas pour seul effet d'agir sur les pertes de poids et son importance ne doit en aucun cas être négligée.

**Autres actions.**

De nombreux autres effets ont été mesurés : l'exposition des fruits à la lumière, le degré de contamination de certains champignons réduisent la DVV. Par contre les traitements aux radiations ionisantes (permettant la destruction des microorganismes de surface), l'application de gibberelline, augmentent la durée de vie verte.

Ces effets sont plutôt à considérer comme compléments de traitement que traitements autonomes ; ils permettent dans certaines conditions opératoires de retarder l'entrée en maturation.

La connaissance et la maîtrise de ces différents facteurs sont naturellement indispensables pour assurer une maturation correcte des fruits.

Mais la combinaison judicieuse des facteurs précités confère une certaine souplesse dans la conduite même de la maturation : ainsi DUVERNEUIL propose un «calendrier» de maturation en mûrisserie climatisée et avec emploi d'éthylène. Ce calendrier est basé sur le fait que l'initiation climactérique est fonction de la vitesse de réchauffement des fruits, c'est-à-dire que l'obtention du stade de maturité

«vraie» dépend de la température à laquelle ils sont entreposés avant commercialisation.

Ces différentes propositions permettent aux mûrisseurs de jouer sur les délais de commercialisation des fruits en fonction des variations de marchés.

**AROME DES FRUITS ET EMISSIONS VOLATILES**

Les premiers constituants de l'émission volatile, cités par VON LOESECKE (1938) sont l'acétate et le butyrate d'amyle, puis les acétaldéhydes et les alcools méthyliques et éthyliques.

En 1961 WICK *et al.*, par chromatographie, HULTIN et PROCTOR par analyse chimique de distillat de pulpe, réalisent des déterminations plus rigoureuses ; en 1964 environ 70 constituants de l'émission volatile étaient identifiés. Aujourd'hui, grâce à l'amélioration des techniques d'extraction et d'identification, on connaît plus de 300 constituants intervenant dans l'émission volatile. Parmi ceux-ci il faut toutefois inclure certains artefacts produits lors des manipulations.

Durée de maturation		4 jours	6 jours	8 jours
1er jour		Apport d'éthylène		
	température	18° C	16° C	14° C
	hygrométrie	95 p. 100	95 p. 100	95 p. 100
	ventilation	en circuit fermé		
Au bout des 24 heures renouvellement d'air (environ 20 minutes) la ventilation se fait par la suite uniquement en circuit fermé.				
2ème jour	température	18° C	16° C	14° C
	hygrométrie	95 p. 100	95 p. 100	95 p. 100
3e jour	température	16° C	15° C	14° C
	hygrométrie	90 p. 100	90 p. 100	90 p. 100
4e jour	température	14° C	13-14° C	14° C
	hygrométrie	80 p. 100	90 p. 100	90 p. 100
5e jour	température	-	13-14° C	14° C
	hygrométrie	-	80 p. 100	90 p. 100
6e jour	température	-	13° C	14° C
	hygrométrie	-	80 p. 100	90 p. 100
7e jour	température	-	-	14° C
	hygrométrie	-	-	90 p. 100
8e jour	température	-	-	14° C
	hygrométrie	-	-	90 p. 100

Comme le remarque fort justement DUPAIGNE (1970), l'analyse de plus en plus fine des composés volatils ne met pas pour autant en évidence ceux qui ont un effet réel sur l'odeur et l'arôme et il faudrait pouvoir associer plus correctement ces déterminations à l'action des constituants sur l'odorat.

Les mesures peuvent porter sur l'émission volatile de fruits entiers et dans ce cas ce sont les composés présents dans la peau qui seront déterminés, ou sur fruits broyés ou tranchés et dans ce cas ce sont les constituants contenus dans la pulpe et la peau qui sont globalement analysés.

L'émission volatile est constituée d'éléments «légers» (ex : acétate d'éthyle) ou lourds (ex : eugénol) : cette différenciation est importante car la perception olfactive se fait à deux niveaux : l'odeur est perçue directement par inspiration, alors que l'arôme s'apprécie lors de l'ingestion (au niveau de l'arrière-bouche, toujours grâce aux sites olfactifs de la partie supérieure des fosses nasales). On peut très schématiquement noter que la peau contient surtout des constituants légers, et que la pulpe contient un mélange de produits légers et lourds qui seront perçus essentiellement lors de la consommation.

Ainsi WICK et MYERS (cité par MATTEI, 1973) ont mis en évidence la présence de composés aromatiques lourds (esters, terpènes) dans les distillats de pulpe. Mais ces auteurs ne se sont pas arrêtés à la détermination des constituants de l'émission volatile : ils recherchent également la biosynthèse des produits par le fruit : ils ont notamment souligné le rôle de la leucine dans l'émission de vapeur d'alcool isoamylique et d'acétate d'éthyle (cités par DUPAIGNE, 1971).

Les fruits verts «trois-quart pleins» ont une émission volatile faible, formée essentiellement de traces de 2-pentanone et d'acétates.

En cours de maturation l'arôme s'enrichit en alcools (éthanol, isobutanol), en butyrates ; puis apparaît l'alcool isoamylique, correspondant au pic climactérique de début de maturation.

En fin de crise, les acétates et les butyrates sont les composés les plus importants, puisqu'ils représentent à eux seuls 70 p. 100 de la production volatile, essentiellement par les fractions d'acétate d'éthyle, d'acétate et de butyrate d'isobutyle, isoamylic, amylic.

En phase postclimactérique, l'arôme devient alcoolisé avec une forte production d'éthanol. Le développement fongique est alors flagrant : taches de plus en plus nombreuses, puis plages noires (MATTEI, 1973).

En conditions normales, l'émission volatile augmente en même temps que l'intensité respiratoire.

Pour une durée de stockage à 12°C n'excédant pas 15 à 19 jours, l'émission volatile est sensiblement comparable en quantité et qualité à celle mesurée sur des fruits conservés à 20°C. A partir de 19 jours des troubles apparaissent et l'émission volatile est perturbée d'autant plus fortement que la durée de stockage augmente : les composés volatils sont de plus en plus faiblement émis, à l'exception de l'acétate de méthyle et de l'éthanol dont la produc-

tion s'accroît (MATTEI et PAILLARD, 1973).

Inversement un stockage à température élevée peut perturber l'émission volatile : YOSHIKA (1982) montre notamment que la biosynthèse de l'acétate d'isoamylic est optimale pour une plage de température comprise entre 20 et 30°C, et est inhibée à partir de 35°C.

D'une façon générale DUPAIGNE (1975) note que l'application d'un régime thermopériodique (22 et 29°C, donc très proche des conditions tropicales) accroît l'activité respiratoire du fruit et favorise l'émission des constituants volatils.

Par ailleurs, MARCELLIN (1982) constate qu'une humidité relative élevée renforce la synthèse d'arôme : l'hygrométrie a donc elle aussi un rôle dans l'émission volatile.

Ces quelques observations montrent que les conditions opératoires appliquées dans la conduite de la maturation peuvent altérer la qualité des émissions volatiles. Pourtant il ne faudrait pas négliger les conditions d'obtention des composés aromatiques qui donnent l'odeur caractéristique et universellement connue de la banane. Bien qu'à l'achat elle ne soit pas un critère de choix aussi marquant que pour certains autres fruits, (peut-être parce qu'elle n'est pas mise en valeur), cette odeur pourrait avoir une incidence sur l'attitude des consommateurs.

#### ALTERATIONS DES FRUITS PAR LES MICRO-ORGANISMES

Les altérations d'origine fongique interviennent dans le processus de dégradation du fruit, en association ou en complément de l'évolution biochimique naturelle. Le développement des micro-organismes diminue la DVC et l'aspect attractif, favorise le de grain ... Il est donc intéressant de présenter les principales souches concernées et leur mode d'action.

En fait on peut différencier les espèces composant la flore dite primitive, dont les spores sont présentes sur la plantation, et se développent sur pistils, feuilles ou fruits morts, de la flore dite normale de dégradation, présente dans l'atmosphère des locaux bananiers.

Sans rentrer dans l'énumération précise des espèces composant ces deux types de flore, il est intéressant de noter que la prédominance d'une souche plutôt que d'une autre provient essentiellement de sa vitesse de croissance en fonction des conditions de culture : pour exemple le *Thielaviopsis paradoxa musarum* (responsable essentiel de la pourriture de la hampe et des coussinets) croît quatre fois plus vite que *Colletotrichum musae*, cinq à six fois plus vite que le *Nigrospora sphaerica* ; il résiste mieux aux basses températures que *Botryodiplodia theobromae* (responsable de la pourriture fluide du fruit), qui a une vitesse de croissance similaire à température ambiante mais est inhibé aux températures voisines de 12°C (JOLY, 1962).

Au niveau du fruit l'espèce prédominante est le *C. musae*, que l'on retrouve en association avec les différentes espèces du complexe primitif (principalement *Piricularia grisea*, *Deightoniella torulosa*, *Chlamydomyces palmarum*,

*Nigrospora* ...) et celles de la flore normale de dégradation, (dont certains *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* ...). Ces deux flores se développent (LAVILLE, 1970) :

- à partir de blessures ou nécroses, occasionnées lors de la récolte ou du transport : elles peuvent alors provoquer des dégâts rapidement apparents, soit en affectant profondément le fruit, (*Trachysphaera fructigena*, *Stachylium theobromae* ...), soit en l'attaquant superficiellement (*Deightonella torulosa* ...) : ces attaques impliquent une élimination directe ou une dépréciation des fruits,

- à partir des fruits sains : les espèces contaminantes vont rester sous forme partiellement sporulée dans l'attente de conditions optimales de développement. Les fruits emmènent alors avec eux leur propre charge de dénaturation.

Ce développement différé est notamment caractéristique de *Colletotrichum musae*, responsable de l'antracnose. De nombreux auteurs recherchent les raisons de cette «latence», ce qui nous a incité à présenter très schématiquement les observations réalisées dans ce domaine.

D'une façon très simplifiée, on peut rappeler que les champignons peuvent se présenter sous forme de mycelium (filaments), qui vont donner une forme sporulée, les conidies (spore de reproduction asexuée). Puis, après germination des conidies, apparaissent les appressoria qui émettent des hyphes (structure de pénétration filamenteuse) : ces hyphes s'insèrent dans les cellules et les détruisent progressivement (phase de colonisation).

Certains auteurs associent l'intervalle de temps nécessaire entre la contamination et l'apparition des premières lésions à une contamination dite «discrète», pendant laquelle le passage d'une forme à l'autre du pathogène dépend des conditions de culture.

Ainsi MAC CRACKER et SWINBURNE (1979) montrent que le taux de germination des conidies est fortement freiné par la moindre présence de fer ; mais certaines bactéries saprophytes de surface, pour leurs propres besoins nutritionnels, seraient susceptibles dans les milieux appauvris de produire des composés à haute affinité pour les ions ferreux. Ces composés dits sidérophores «piègent» le fer fixé probablement au niveau de la membrane des conidies et lèvent ainsi l'inhibition. La germination sera d'autant plus stimulée que des sidérophores seront émis.

Les conidies et le mycélium de *C. musae* sont toutefois capables de produire une enzyme de dégradation de l'acide anthranilique qui donnera des composés chélateurs du fer (HARPER et SWINBURNE, 1979). Bien que le taux de germination soit plus faible qu'en présence de sidérophores, le pathogène dispose ainsi d'une relative autonomie lui permettant de passer sous une forme résistante (appressorium).

MUIRHEAD et DEVERALL (1981) ont étudié la germination des conidies ; deux types d'appressoria ont ainsi été mis en évidence : le proto-appressoria, à membrane fine et hyaline, et l'appressoria «noir», à membrane épaisse et foncée. C'est cette dernière forme qui est probablement responsable de la colonisation future des tissus.

Notons enfin qu'en début de colonisation *C. musae* n'affecte pas la qualité du fruit et participe au phénomène de tigrage, très souvent caractéristique d'une bonne maturité de consommation.

L'évolution du champignon, flagrante sur fruits mûrs et très lente sur fruits verts suscite différentes hypothèses, parmi lesquelles (SWINBURNE, 1983) :

- il existerait des composés toxiques inhibant l'action du pathogène sur fruit vert,

- le potentiel enzymatique du champignon n'est pas «conçu» pour intervenir sur le fruit immature,

- le fruit immature produit des phytoalexines.

Ces axes de recherche font l'objet de nombreux travaux, et montrent si besoin était la complexité des interactions entre contaminant et contaminé.

Ainsi dans l'hypothèse de production de phytoalexines, BROWN et SWINBURNE (1979) ont comparé des tissus sains et nécrosés, et observé dans ces derniers l'émission de composés antifongiques qui disparaissent progressivement lors de la maturation.

De même LAVILLE (1971) cite les travaux de MUHUERRA qui a montré que certains composés comme le 3-4 dihydroxybenzaldéhyde, présents dans la peau du fruit vert - probablement contaminé - perturbent le développement de *C. musae*.

L'émission volatile pourrait également avoir une incidence sur la croissance fongique : RAZAKAMANANTSOA (1966) avait remarqué qu'une partie des constituants volatils émis lors de la maturation gênait le développement de *C. musae*, et notamment certains butyrates (d'isoamyle, d'amyle, d'isobutyle, de butyle), acétates (d'isoamyle et d'hexyle), alcools libres ou composés carbonylés (n. butanol, isobutanol, isovalerianate d'isoamyle).

Bien que les mécanismes de croissance des pathogènes par rapport à un substrat donné soient de mieux en mieux compris, il serait délicat d'affirmer que toutes ces observations sont vérifiées *in vivo*.

Il est quand même certain que le fruit, jusqu'à un certain niveau de maturation, n'est pas un substrat inerte et passif, mais bien une structure organisée pouvant réagir vis-à-vis d'une agression fongique.

Les résultats déjà acquis dans la connaissance des divers micro-organismes ont permis de mieux contrôler leur développement à un niveau pratique :

- au niveau de la récolte, l'utilisation de toiles sur les remorques, l'emploi de chariots à portiques, permettent de limiter la contamination par les germes au sol ou sur les engins de transports.

- au niveau du conditionnement, le traitement antifongique des mains et bouquets avant emballage, par pulvérisation ou trempage, réduit la charge initiale. A cet égard des progrès notoires ont été faits avec l'emploi de fongicides tels que les benzimidazoles (ex : Thiabendazole), les imidazoles



(ex : Imazalil) ... L'observation de la flore résiduelle sur bananes après traitement montre par ailleurs que, dans les doses employées, ces produits ont une action essentiellement fongistatique (LAVILLE, 1971).

- au niveau du transport, l'application d'une chaîne de froid (12,5-13°C) gêne et donc ralentit la croissance de la plupart des souches.

Il faut insister sur le fait que toutes les précautions permettent simplement de limiter le taux de contamination ou de ralentir le développement fongique ; c'est pourquoi la qualité et le sérieux des manipulations sont importants à tous les stades pour éviter coups d'ongles, grattages, chocs, éclatement des coussinets (fréquents quand les cartons sont jetés), coupe peu franche ... qui seront autant de portes ouvertes aux germes présents.

Malheureusement cette qualité des manipulations reste trop souvent plus théorique que pratique ; la banane verte donne une grande impression de solidité et de résistance, comparée à des fruits comme la papaye qui pour un même stade de maturité semble plus fragile. De plus la délicatesse des manipulations est naturellement proportionnée à l'aspect apparent des fruits ; un même opérateur sera spontanément plus soigneux avec des bananes mûres qu'avec des bananes vertes.

Cette fausse rusticité du fruit n'incite donc pas à des manipulations précautionneuses et la tâche de sensibilisation entreprise dans ce sens par les organismes professionnels sera d'autant plus fastidieuse (ANONYME, 1983 ; HELOIN et RIDE, 1986).

#### FACTEURS LIMITANTS DU CIRCUIT DE DISTRIBUTION

Cette brève synthèse sur les différents paramètres définissant la qualité future de la banane aux différents stades opératoires montre combien chacun est tributaire des autres. Un niveau de coupe judicieusement choisi ne servira à rien si le conditionnement est mal fait ou si les consignes de températures ne sont pas respectées ; une mise en maturation soignée de fruits trop immatures ne permettra pas d'obtenir la qualité que l'on serait en droit d'attendre.

C'est dans ce souci d'une meilleure homogénéité globale que, comme précité, le circuit de distribution a été profondément remanié ; malheureusement certains stades opératoires ont une action différente de celle qu'elle pourrait être, et cet état de fait peut être facilement illustré par quelques exemples :

##### La mise en carton.

Elle permet normalement de mieux protéger le fruit, d'améliorer le coefficient de remplissage des cales et conteneurs (plus de volume utile). Mais dans la plupart des cas le remplissage des cartons est excessif et les couvercles ne sont plus parfaitement jointifs avec les fonds, en dépit de l'article 13 de l'arrêté du 20 novembre 1975. Ce surremplissage vise initialement un meilleur tassement des bouquets pour éviter le ballonnement dans les emballages,

mais quand il devient trop important il favorise les pliures au pédoncule et les blessures superficielles (meurtrissures et lésions par les coussinets, surtout quand ces derniers présentent un angle aigu de coupe).

Le surremplissage peut également contrarier la mise en pile, compte tenu des déformations qu'il provoque (parois bombées). Il peut enfin avoir une incidence sur la qualité de réfrigération.

Il serait donc judicieux de faire la nuance entre un carton insuffisamment rempli, offrant de réels risques de ballonnement, et un carton trop rempli qui portera d'une autre manière préjudice à la qualité des fruits.

##### La réfrigération.

Elle commence dans la pratique dès l'embarquement des conteneurs, dans les heures qui suivent la fin de l'emportage. La qualité de la réfrigération peut être fortement affectée par la façon dont le conteneur est rempli (courts-circuits d'air important par exemple), et par le carton lui-même.

Il faut notamment rappeler que les échanges thermiques se font par conduction plutôt que par convection, du fait de la mise en place d'un film polyéthylène qui recouvre l'ensemble des fruits dans un carton. La vitesse de réfrigération sera donc déterminée par la fréquence de renouvellement des couches d'air froid au niveau de cette paroi plastique.

Un carton correctement monté et rempli, avec les trous latéraux et de fond (quand ils existent) bien dégagés, présente au moins quelques orifices d'accès pour que l'air arrive au contact du film.

Un carton surrempli, mal operculé, flambé, ne permet pas un gavage correct ou une bonne correspondance entre les orifices dégagés. Les transferts de chaleur ne se font alors qu'au travers des parois cartonnées, qui par leur épaisseur et leur conductivité sont un obstacle supplémentaire aux échanges thermiques.

La réfrigération est une étape importante dans la commercialisation des fruits. Elle a fortement évolué ces dernières années, mais on peut remarquer qu'à aucun moment la conception de l'emballage par rapport à la réfrigération n'a été remise en question. Dans les améliorations futures de ce circuit en lente mais constante évolution des observations seraient peut-être à réaliser dans ce sens : de meilleurs transferts thermiques pourraient se traduire soit par un temps de réfrigération plus court à température égale, soit par une température légèrement plus élevée à temps égal ; le rapport entre gain énergétique et gain qualitatif serait alors à prendre en considération.

##### La distribution.

L'adaptation du conditionnement initial en vue de la commercialisation finale, bien qu'apparemment logique, n'est pas envisageable compte tenu de l'hétérogénéité actuelle de la distribution : cartons prépesés, plateaux, barquettes, banatiers ... Le mûrisseur doit prévoir un conditionnement «à la carte», avec l'incidence économi-

que que cela représente au niveau du détail.

Pourtant si un même conditionnement pouvait suffire sur l'ensemble de la chaîne, il limiterait le nombre de manipulations des bouquets, garantissant une meilleure protection et donc une préservation de la qualité.

A ces exemples on pourrait ajouter d'autres aspects dont l'incidence économique et qualitative n'est pas négligeable :

C'est le cas notamment des pertes en poids. La conteneurisation permet un contrôle plus facile des poids départ-arrivée, et la perte en poids annuelle moyenne des cinq dernières années, pour le fret maritime guadeloupéen, est de l'ordre de 1,9 p. 100, avec des extrêmes de 1,6 p. 100 en 1982 et 2,07 en 1985 (ANONYME, 1984 ; BEBIN, 1985 ; HELOIN et RIDE, 1986). Elles semblent estimées à 1,3 p. 100 pour le fret martiniquais.

Les pertes en poids pendant le transport sont les plus facilement contrôlables, mais il faudrait y ajouter celles observées en mûrissières, puis sur les lieux de vente, difficiles à estimer car variables selon les conditions opératoires, les délais de commercialisation, l'époque de l'année ... On peut très probablement les situer dans une fourchette moyenne de 2 à 5 p. 100.

Bien que ces pertes soient inévitables (sous risque de dénaturer l'évolution du fruit) il serait intéressant de pouvoir les minimiser.

D'autres pertes concernent parfois des fruits commercialement «valables» ; c'est le cas par exemple du degrain, quand il résulte de manipulations excessives ou d'une fragilisation des pédoncules sans attaque fongique marquée. Ce type de pertes pourrait être mieux contrôlé si les bouquets étaient conditionnés unitairement par exemple, permettant une bonne cohésion des fruits entre eux et allégeant les tensions au niveau des pédoncules.

Enfin l'évolution microbienne, inévitable malgré les précautions prises est peut-être légèrement régulée par le fruit lui-même, ou par ses émissions volatiles si ces dernières ont effectivement un pouvoir anti-fongique : il serait alors intéressant, dans une nouvelle approche du conditionnement, de favoriser un confinement partiel du fruit dans sa propre atmosphère.

## CONCLUSION

Ces quelques observations ne sont pas limitatives et ne remettent pas en cause le circuit de distribution actuel qui donne toute satisfaction quand les manipulations sont correctes.

Mais la littérature, riche en résultats d'expérimentations diverses visant un meilleur contrôle de l'évolution du fruit post-récolte, renseigne sur le souci d'optimiser un temps de conservation et une qualité finale, quel que soit le cultivar concerné.

La commercialisation bananière antillaise, privilégiée par l'emploi de conteneurs, est déjà un exemple, et devrait à terme être un modèle de référence, pour le respect qualitatif du fruit.

Pour cela un bilan doit être fait en tenant compte des différents résultats enregistrés dans la meilleure connaissance de la banane. Ce bilan doit intégrer les relations fruit-emballage, tant sous un aspect fondamental qu'appliqué.

Ce n'est qu'à cette condition que l'on pourra optimiser un circuit de distribution déjà performant mais dont le potentiel n'est pas encore totalement exprimé, et qui devrait permettre à l'ensemble de la profession de proposer et disposer de fruits de qualité la plus homogène possible.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME. 1983.  
La qualité en métropole.  
*Bulletin ASSOAG*, 32 (7), 4-5.
- ANONYME. 1984.  
Freinte 1983.  
*Bulletin ASSOAG*, 39 (1er trimestre), 28-29.
- AUBERT (B.). 1969.  
Quelques aspects sur le développement et la physiologie de la banane avant et après la récolte.  
*R.A. IRFA* 69, (9) D15 doc. 138, 26 p.
- BANKS (N.H.). 1984.  
Some effects of TAL Pro-long coating on ripening bananas.  
*J. of exp. bot.*, 35 (150/1), 127-137.
- BEBIN (C.). 1985.  
La freinte en 1984 ; différences de poids entre les ports du Havre et de Jarry.  
*Bulletin ASSOAG*, 32 (7-8), 2 p.
- BEN-YESHOSHUA (S.). 1966.  
Some effects of plastic skin coating on banana fruit.  
*Trop. Agri. Trin.*, 43 (7), 219-232.
- BROWN (A.E.) et SWINBURNE (T.R.). 1980.  
The resistance of immature banana fruit to anthracnose.  
*Phyto-Patho. Z.*, 99, 70-80.
- CHAMPION (J.). 1963.  
Le bananier.  
*Ed. Maisonneuve et Larose.*
- CHAMPION (J.). 1966.  
Quelques problèmes pour l'emballage des bananes en mains.  
*Fruits*, 21 (8), 373-389.
- DEULLIN (R.) et MONNET (J.). 1956.  
Observation sur la dureté de la pulpe de la banane.  
*Fruits*, 11 (8), 341-354.
- DEULLIN (R.). 1970.  
Refroidissement des mains de bananes conditionnées dans des caisses en carton ondulé dans le cas d'un arrimage compact.  
*Fruits*, 25 (9), 583-591.
- DEULLIN (R.). 1971.  
Evolution du transport maritime de la banane de 1945 à 1970 (extraits).  
*Fruits*, 26 (2), 91-95.
- DEULLIN (R.). 1977.  
Transport maritime des fruits par conteneurs.  
*Fruits*, 32 (9), 535-543.
- DEULLIN (R.). 1980.  
La conductance électrique de la peau de banane : une caractéristique physique pour mieux déterminer l'évolution du fruit.  
*Fruits*, 35 (5), 273-281.

- DICK (E.) et MARCELLIN (P.). 1985.  
Effets des températures élevées sur l'évolution des bananes après récolte. Tests prophylactiques.  
*Fruits*, 40 (12), 781-785.
- DUPAIGNE (P.). 1970.  
L'arôme de la banane.  
*Fruits*, 25 (4), 281-291.
- DUPAIGNE (P.). 1971.  
L'arôme de la banane.  
*Fruits*, 26 (7-8), 513-517.
- DUPAIGNE (P.). 1975.  
L'arôme de la banane.  
*Fruits*, 30 (12), 783-788.
- DUVERNEUIL (G.). 1964.  
Evolution des emballages pour bananes.  
*Doc. interne IRFA*, (2), 5 p.
- DUVERNEUIL (G.). 1964.  
Observations préliminaires sur l'action de l'isovalerianate d'isoamyle comme activateur de coloration au cours de la phase post-climatérique de la maturation des bananes.  
*R.A. IRFA*, 64 B5 (9), 8 p.
- DUVERNEUIL (G.) et ESTANOVE (P.). 1971.  
Industrialisation de la banane.  
*Rapport ONUDI, Congrès de Bahia*, 50 p.
- GANNY (J.). 1978.  
Recherche d'une méthode d'estimation de la date de récolte du bananier à partir des données climatiques dans les conditions des Antilles.  
*Fruits*, 33 (10), 669-680.
- Cdt GARRIGUE (J.). 1982.  
La conteneurisation de la banane des Antilles françaises.  
*Fruits*, 37 (6), 381-394.
- HARPER (D.B.) et SWINBURNE (T.R.). 1979.  
2-3 dihydroxybenzoic acid and related compounds as stimulants of germination of conidia of *C. musae*.  
*Physio. Plant. Patho.*, 14, 363-370.
- HUET (R.). 1956.  
Note sur la signification biochimique de la dureté dans le cas de la pulpe de banane.  
*Fruits*, 11 (9), 395-399.
- HELOIN (X.). 1985.  
La qualité en Guadeloupe : il y a sûrement quelque chose à faire.  
*Bulletin ASSO BAG*, 41 (2e semestre), 18-19.
- HELOIN (X.) et RIDE (C.). 1986.  
La mûrisserie française et la banane guadeloupéenne.  
*Bulletin ASSO BAG*, 42 (1, 2, 3), 5-6.
- HELOIN (X.) et RIDE (C.). 1986.  
Bilan de la freinte en 1985.  
*Bulletin ASSO BAG*, 42 (1, 2, 3), 7-8.
- JOLY (P.). 1962.  
Les pourritures des bananes au cours du transport et en mûrisserie.  
*Fruits*, 17 (1), 23-31.
- LAVILLE (E.). 1970.  
Aspects phytopathologiques des problèmes d'amélioration de la qualité de la banane.  
*Fruits*, 25 (7-8), 511-521.
- LAVILLE (E.). 1971.  
Mycoflore résiduelle isolée de bananes traitées par les dérivés du radical «benzimidazol».  
*Fruits*, 26 (1), 3-4.
- LAW (O.L.), LIU (Y.) et YANG (S.F.). 1986.  
Effects of fruit detachment on ethylene biosynthesis and loss of flesh firmness, skin color and starch in ripening Golden Delicious apple.  
*J. am. Soc. hort. Sci.*, 115 (5), 731-734.
- LIZANA (L.). 1976.  
Banana fruit ripening at elevated temperatures.  
Dissertation abstracts int.  
*Agr. plant physiology*, 37, 2604 B.
- MAC CRACKEN (A.R.) et SWINBURNE (T.R.). 1979.  
Siderophores produced by saprophytic bacteria as stimulants of germination of *C. musae*.  
*Phys. Plant. Patho.*, 15, 331-340.
- MARCELLIN (P.). 1982.  
Conditions de maturation de la banane (*M. sapientum*).  
*Médecine et Nutrition*, 28 (2), 111-113.
- MARRIOTT (J.). 1980.  
Bananas : Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality.  
*CRC Critical review in food sci. and nut.*, 41-88.
- MATTEI (A.). 1973.  
Analyse de l'émission volatile de la banane (Cv Poyo).  
*Fruits*, 28 (3), 231-238.
- MATTEI (A.) et PAILLARD (N.). 1973.  
Influence sur l'arôme de la banane (Cv Poyo) à 20°C d'un séjour variable à la température critique de 12°C.  
*Fruits*, 28 (4), 319-322.
- MATTEI (A.). 1974.  
Température et maturation de la banane : étude particulière de certains constituants de l'émission organique volatile.  
*Coll. Int. du CNRS*, 238 (4), 11 p.
- MATTEI (A.). 1978.  
La frisure (chilling) de la banane.  
*Fruits*, 33 (1), 51-56.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE/IRFA. 1980.  
La qualité de la banane :  
La réglementation française et son interprétation.  
75 p. et diapositives.
- MUIRHEAD (I.F.) et DEVERALL (B.J.). 1981.  
Role of appressoria in latent infection of banana fruits by *C. musae*.  
*Physio. Plant. Patho.*, 19, 77-84.
- NOLIN (J.). 1985.  
Etat de maturité des bananes (Cv Giant Cavendish) à la récolte : une nouvelle méthode de mesure.  
*Fruits*, 40 (10), 623-631.
- RAZAKAMANANTSOA (S.). 1966.  
Action des différents produits volatils émis par la banane au cours de la maturation sur la croissance de *G. musarum*.  
*Fruits*, 21 (11), 597-604.
- SCOTT (K.J.) et GANDANEGARA (S.). 1974.  
Effect of temperature on the storage life of bananas held in polyethylene bags with ethylene absorbant.  
*Trop. Agr. Trin.*, 51 (1), 23-26.
- SINGCHING TONGDEE. 1972.  
Polyethylene bags and ethylene absorbant for delaying bananas ripening.  
*Thai. J. Agr. Sci.*, 5 (4), 265-271.
- SWINBURNE (T.R.). 1983.  
Quiescent infections in postharvest diseases.  
Postharvest pathology of fruit and vegetables.  
*Academic Press, ed. Colin Dennis*, p. 1-21.
- THOMSON (A.K.) et SEYMOUR (G.B.). 1982.  
Comparative effects of acetylene and ethylene gas on initiation of banana ripening.  
*Ann. Appl. Biology*, 101, 407-410.
- VON LOESECKE (H.). 1949.  
Bananas.  
*Economic crops, ed. Interscience publishers*.
- WADE (N.L.). 1974.  
Effects of oxygen concentration and etephon upon the respiration and ripening of banana fruit.  
*J. of Exp. Botany*, 25 (88), 955-964.
- YANG (S.F.) et HOFFMANN (N.E.). 1984.  
Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants.  
*Ann. Rev. Plant Physio.*, 35, 155-189.
- YANG (S.F.). 1985.  
Biosynthesis and action of ethylene.  
*Hortscience*, 20 (1), 41-45.
- YOSHIKA H. et al. 1982.  
Development of isoamyl acetate biosynthetic pathway in banana fruit during ripening and suppression of its development at high temperature.  
*J. Jap. Soc. Foods Sci. and Techn.*, 29 (6), 333-339.
- ZICA (L.F.) et BRUNE (W.). 1973.  
Efeito da embalagem de polietileno na conservacao e maturacao de banana do cv Prata.  
*Experientia*, 16 (3), 43-59.

